

Foraminíferos planctónicos y bentónicos del límite Cretácico/Terciario de Aïn Settara, Tunicia: dos patrones de extinción diferentes y una misma causa

I. Arenillas¹, L. Alegret¹, J.A. Arz² y E. Molina¹

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza. España.

² Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León. 67700 Linares. México.

ABSTRACT

A detailed biostratigraphic and quantitative study based on foraminifera from the Aïn Settara section (Tunisia) allows us to infer two different extinction patterns in planktic and benthic foraminifera across the Cretaceous/Tertiary (K/T) boundary. More than 68% (and probably 97%) of the Maastrichtian planktic foraminiferal species, whereas only 21% of Maastrichtian benthic foraminiferal species, became extinct in coincidence with the K/T boundary and the impact evidence. However, more than 51% of the benthic foraminiferal species suffer a Lazarus effect in the lowermost Danian, and infaunal benthic morphogroups drastically dropped just at the K/T boundary, indicating a sudden breakdown of the food supply. Planktic foraminiferal catastrophic mass extinction and P/B ratio drop indicate a sudden decrease of the superficial-marine productivity. All these data suggest that the K/T foraminiferal turnovers were linked with an asteroid impact.

Key words: Foraminifera, extinction, Maastrichtian, Danian, Tunisia.

INTRODUCCIÓN

Los eventos de extinción en masa son generalmente muy selectivos, ya que afectan de muy diversas maneras a los diferentes grupos de organismos. Además de los hábitos alimenticios y del tipo y modo de reproducción, uno de los factores fundamentales que intervienen en una extinción selectiva es el hábitat al que está adaptado un determinado grupo biológico. En la actualidad existe un consenso casi generalizado de que el evento de extinción del límite Cretácico/Terciario (K/T) fue causado por el impacto de un asteroide (Álvarez *et al.*, 1980; Smit y Hertogen, 1980), el cual provocó un cambio climático brusco (invierno de impacto, efecto invernadero) y una ruptura de la cadena trófica debido al cese parcial de la fotosíntesis. El repentino descenso de la productividad primaria pudo provocar la extinción de los consumidores primarios y secundarios (herbívoros y carnívoros) dependientes directa o indirectamente del fitoplancton y de la flora en general. Sin embargo, los organismos detritívoros pudieron sobrevivir al evento debido a su no dependencia directa de los productores primarios. El medio marino más afectado fue el medio planctónico (Smit, 1982), el cual dependía del fitoplancton y éste a su vez de la luz solar que quedó ocultada durante el invierno de impacto. Por el contrario, el medio bentónico fue mucho menos afectado, debido a que dependían no sólo de la

productividad primaria, sino también del detritus (Sheehan y Hansen, 1986).

El objetivo de este trabajo es comparar los patrones de extinción y los cambios en las asociaciones de foraminíferos, tanto planctónicos como pequeños bentónicos, en el corte de Aïn Settara (Tunicia). Éste es uno de los cortes marinos pelágicos más continuos y expandidos conocidos hasta la fecha (Molina *et al.*, 1998; Arenillas *et al.*, 2000b). Está constituido de margas con escasas intercalaciones de calizas y el límite K/T está marcado por una arcilla en cuya base se han identificado diversas evidencias de impacto (concentración anómala de Ir, espinelas de Ni). Las asociaciones de foraminíferos bentónicos de Aïn Settara indican un medio de plataforma externa o talud superior (Alegret *et al.*, 1999). Nuestros datos nos permiten ahora comparar los cambios de las asociaciones de foraminíferos en toda la columna de agua en el tránsito Cretácico-Terciario (K-T) y analizar si estos cambios son compatibles con una teoría catastrófica impactista o con una teoría gradual debido a causas geológicas múltiples. La metodología utilizada viene descrita en los trabajos anteriormente citados y en Molina *et al.* (2000).

BIOZONACIÓN Y PATRONES DE EXTINCIÓN

La biozonación utilizada en el presente trabajo se corresponde con la de Molina *et al.* (1996). Se han distingui-

do 4 biozonas: Biozonas de *Plummerita hantkeninoides*, de *Guembelitra cretacea*, de *Parvularugoglobigerina eugubina* y de *Parasubbotina pseudobulloides*. En Aïn Settara, se identificaron un total de 66 especies cretácicas de foraminíferos planctónicos (Molina *et al.*, 1998; Arenillas *et al.*, 2000b). El patrón de extinción identificado fue el siguiente: 3 (4,5%) de las especies desaparecen justo antes del límite K/T, 45 (68%) de las especies se extinguen en coincidencia con el límite K/T y 18 (27,3%) especies persisten en la parte basal de Daniense. De estas 18 especies, tan solo 2 (3,0%) especies son supervivientes seguras: *G. cretacea* y *G. trifolia*, ya que son el ancestro probable de las primeras especies paleocenas. El resto sólo se pueden considerar como posibles supervivientes (Arz *et al.*, 1999b), teniendo más probabilidades de serlo *Heterohelix globulosa* y *Hedbergella holmdelensis*. Por tanto, es probable que las especies que realmente se extinguen en el límite K/T sean 61 (92,4%). Si a estas le añadimos las que aparentemente desaparecen justo antes del límite, la extinción en masa de los foraminíferos planctónicos en el tránsito K-T es del 97%, es decir, una extinción casi total.

El patrón de extinción de los microforaminíferos bentónicos difiere mucho del de los foraminíferos planctónicos. En el intervalo estratigráfico estudiado del Maastrichtiense superior se han identificado un total de 158 especies cretácicas de microforaminíferos bentónicos. De estas 158 especies, 51 son extremadamente raras o esporádicas, por lo que no han sido incluidas dentro de los cálculos de las tasas de extinción. De las 107 especies restantes, 9 (8,4%) desaparecen antes del límite K/T, 23 (21,5%) se extinguen en coincidencia con el límite K/T y el resto, es decir, 81 (75,7%) especies, persisten en el Daniense. De las 81 especies supervivientes, 7 (6,5%) se extinguen en la Biozona de *G. cretacea*, 55 (51,4%) especies presentan un efecto Lázaro generalizado principalmente durante las Biozonas de *G. cretacea* y *Pv. eugubina*, y 13 (12,1%) se han identificado de forma continuada a lo largo de todo el tránsito K-T.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio cuantitativo de las asociaciones de foraminíferos planctónicos sugiere una gran estabilidad medioambiental durante el Maastrichtiense terminal en el Tetis (Arz *et al.*, 1999b; 2000). Dichas asociaciones presentan la mayor diversidad biológica de toda su historia, indicando que los foraminíferos planctónicos se encontraban en su máxima expansión evolutiva. Estas asociaciones estaban constituidas por un 70% de especies tropicales-subtropicales de estrategia-K. Por otro lado, la compleja estructura trófica de las asociaciones de foraminíferos bentónicos, así como su elevada diversidad, son también reflejo de la gran estabilidad medioambiental reinante a finales del Maastrichtiense. Las comunidades de foraminíferos bentónicos estaban constituidas por un 50%

de morfogrupos infaunales, lo que sugiere un alto contenido de nutrientes en toda la interfase sedimento-agua del fondo marino. Los foraminíferos bentónicos infaunales eran detritívoros y bacteriófagos, mientras que entre los grupos epifaunales dominaban los herbívoros, detritívoros y omnívoros.

La tasa de extinción del 92-97% de los foraminíferos planctónicos en Aïn Settara es un fiel reflejo del profundo cambio medioambiental que el medio planctónico sufrió durante el evento del límite K/T. Se han calculado tasas de extinción a nivel global para los radiolarios del 85%, para los coccolitofóridos del 73%, para las diatomeas y dinoflagelados del 23% y para los silicoflagelados del 66% (Thierstein, 1981). La baja tasa de extinción de las diatomeas y dinoflagelados fue debida probablemente a su capacidad de producir esporas o quistes resistentes durante su ciclo biológico, lo que les permitió sobrevivir al evento del límite K/T. Sin embargo, como el resto de grupos, presentan bruscas variaciones cuantitativas en la parte basal del Daniense, fundamentalmente durante la Biozona de *G. cretacea*. Uno de estos cambios es el brusco descenso de la relación planctónicos/bentónicos (P/B) debido a la extinción en masa catastrófica de los foraminíferos planctónicos. Otro cambio fue el incremento espectacular de la abundancia relativa de *Guembelitra*, tal como corresponde a taxones oportunistas tipo desastre de estrategia-r (Molina *et al.*, 1998; Arenillas *et al.*, 1998). Otras especies pudieron refugiarse en altas latitudes durante el evento del límite y posteriormente migrar de nuevo a bajas latitudes, reemplazando a las especies tropicales recién extinguidas (Gerstel *et al.*, 1986; Molina *et al.*, 1996). Teniendo en cuenta el porcentaje total de foraminíferos y el índice P/B, el incremento de *Guembelitra* no parece ser, sin embargo, tan brusco, indicando que el incremento de *Guembelitra* en abundancia absoluta no fue tan fuerte como sugieren las abundancias relativas. Estas evidencias justifican la hipótesis de un brusco descenso de la productividad superficial marina en coincidencia con el límite K/T.

La extinción en masa catastrófica del zooplancton junto con la destrucción temporal del fitoplancton indican una ruptura de la cadena trófica durante un intervalo de tiempo probablemente muy corto, pero suficiente para provocar la extinción de los consumidores primarios y secundarios, tales como los propios foraminíferos planctónicos. El descenso de la productividad en la superficie marina ocasionó también cambios muy significativos en el medio bentónico. Los foraminíferos bentónicos presentan fundamentalmente hábitos alimenticios detritívoros, razón por la cual sus tasas de extinción (21-30%) no fueron tan elevadas como las de los foraminíferos planctónicos. La capacidad de los organismos detritívoros de sobrevivir ante descensos bruscos y rápidos de la productividad primaria, es lo que se ha denominado estrategia amortiguadora (Sheehan y Hansen, 1986). Sin embargo, se han identificado cambios cuantitativos muy importantes en las asociaciones de foraminíferos bentónicos.

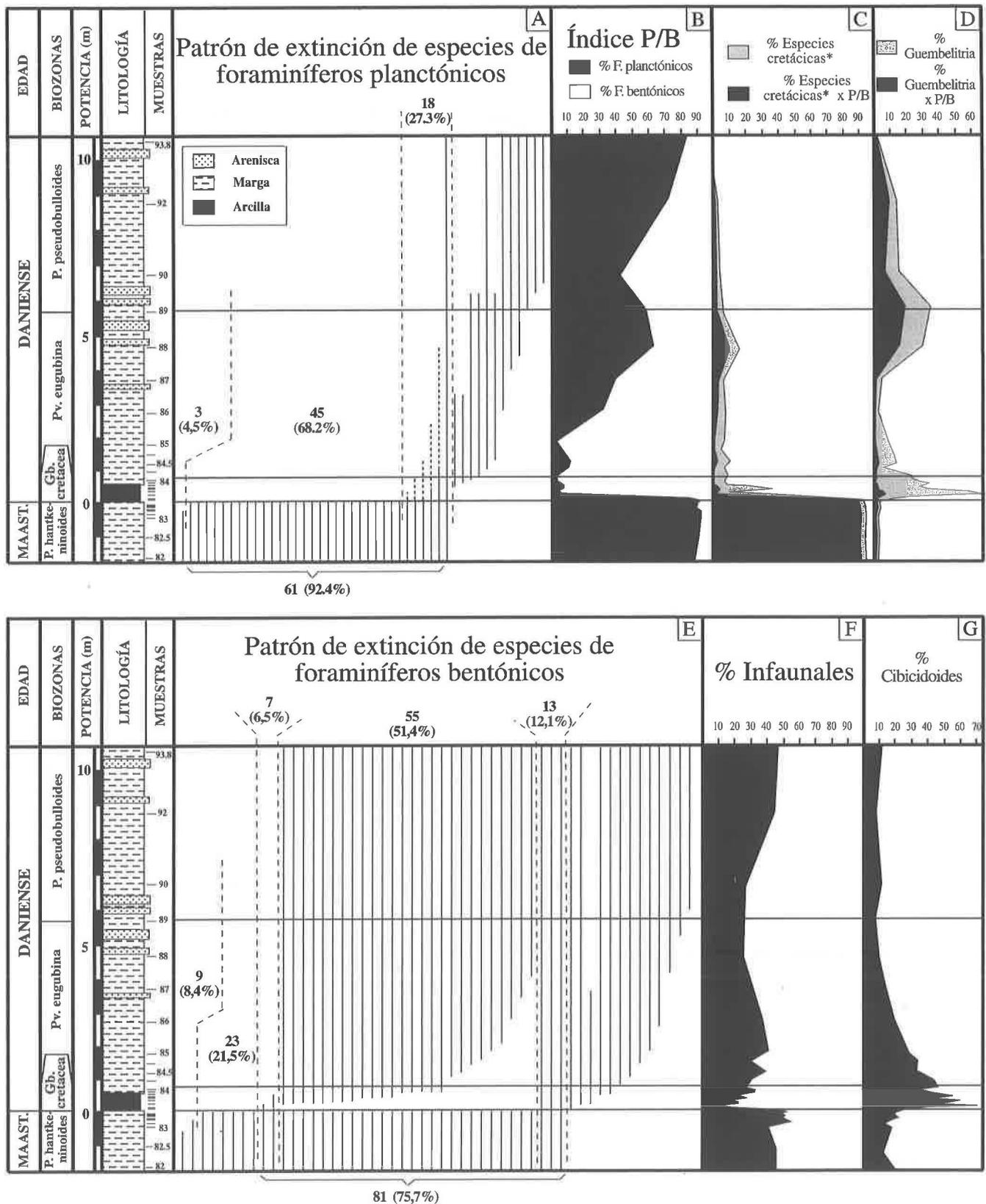


FIGURA 1: A) Patrón de extinción de especies de foraminíferos planctónico (f.p) en Ain Settara; B) Índice Planctónicos/Bentónico (P/B); C) y D) Abundancia (en %) de especies cretácicas (*excepto Guembelitra) de f.p. con respecto a las terciarias y abundancia de Guembelitra respectivamente, y su abundancia con respecto al total de foraminíferos (xP/B); E) Patrón de extinción de especies de foraminíferos bentónicos (f.b.); F) y G) Abundancia (en %) de f.b. infaunales y de Cibicoides.

El porcentaje de los morfogrupos infaunales disminuyó en la Biozona de *G. cretacea* hasta un 40% con respecto al Maastrichtense terminal. Este brusco descenso sugiere una drástica disminución en el aporte de nutrientes al fondo marino. En estas condiciones de escasez de alimento, la abundancia de infaunales decrece e incluso muchas de sus especies llegan a desaparecer temporalmente. Uno de los eventos paleoecológicos más importantes tras el límite K/T fue precisamente el efecto Lázaro que afectó a más del 50% de las especies de foraminíferos bentónicos. Por el contrario, los epifaunales están mejor adaptados a estas condiciones de estrés medioambiental, y son capaces de aprovechar más eficientemente los escasos nutrientes. Por esta razón, algunos taxones epifaunales oportunistas, como *Cibicidoides* y *Alabamina*, aumentaron notablemente su abundancia tras el evento del límite K/T.

La drástica disminución de los morfogrupos infaunales, el descenso en la diversidad de las comunidades, el cambio en los hábitos alimenticios, el aumento en la tasa de extinción de los foraminíferos bentónicos coincidiendo con el límite K/T, y la gran semejanza de estos cambios con los experimentados por las comunidades bentónicas en otros cortes, sugieren una misma causa. El impacto de un gran meteorito sobre la superficie terrestre y el posterior invierno de impacto fue muy probablemente la causa que desencadenó el cese temporal de la fotosíntesis, el descenso brusco de la productividad primaria, la extinción en masa catastrófica de los foraminíferos planctónicos y cambios significativos en las asociaciones de los foraminíferos bentónicos. Aunque los patrones de extinción de los foraminíferos planctónicos y bentónicos difieran, ambos patrones son compatibles con una causa común, catastrófica y rápida.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto DGES de España, número PB97-1016, y los proyectos de México CONACYT, J32473T y PAICYT, CT193-99. Los autores agradecen a Christian Dupuis de la *Faculté Polytechnique de Mons* (Bélgica) su colaboración en los muestreos.

REFERENCIAS

Alegret, L., Molina, E. y Peryt, D. (1999): Evolución de las asociaciones de microforaminíferos bentónicos en el

- límite Cretácico/Terciario de Aïn Settara, Tunicia. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 26: 142-146.
- Arenillas, I., Arz, J.A. y Molina, E. (1998): El límite Cretácico/Terciario de Zumaya, Osinaga y Músquiz (Pirineos): control bioestratigráfico y cuantitativo de hiatos con foraminíferos planctónicos. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 11(1-2): 127-138.
- Arenillas, I., Arz, J.A. y Molina, E. (2000a): Spanish and Tunisian Cretaceous-Tertiary boundary sections: a planktic foraminiferal biostratigraphic comparison and evolutive events. *GFF*, 122(1): 11-12.
- Arenillas, I., Arz, J.A., Molina, E. y Dupuis, Ch. (2000b): The Cretaceous/Tertiary boundary at Aïn Settara, Tunisia: sudden catastrophic mass extinction in planktic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research* (en prensa).
- Arz, J.A., Arenillas, I. y Molina, E. (1999a): Extinción de foraminíferos planctónicos en el tránsito Cretácico-Terciario de Zumaya (Guipúzcoa): ¿supervivencia o reelaboración? *Revista Española de Micropaleontología*, 31(3): 297-304.
- Arz, J.A., Arenillas, I., Molina, E. y Dupuis, Ch. (1999b): Los efectos tafonómico y «Signor-Lipps» sobre la extinción en masa de foraminíferos planctónicos en el límite Cretácico/Terciario de Elles (Tunicia). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12(2): 251-267.
- Arz, J.A., Arenillas, I., Molina, E. y Sepúlveda, R. (2000): La estabilidad faunística de foraminíferos planctónicos en el Maastrichtense superior y su extinción en masa catastrófica en el límite K/T de Caravaca, España. *Revista Geológica de Chile*, (en prensa).
- Molina, E., Arenillas, I. y Arz, J.A. (1996): The Cretaceous/Tertiary boundary mass extinction in planktic foraminifera at Agost, Spain. *Revue de Micropaléontologie*, 39(3): 225-243.
- Molina, E., Arenillas, I. y Arz, J.A. (1998): Mass extinction in planktic foraminifera at the Cretaceous/Tertiary boundary in subtropical and temperate latitudes. *Bulletin de la Société géologique de France*, 169(3): 351-363.
- Molina, E., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J.A. y Gonzalvo, C. (2000): Evidencias, causas y patrones de los eventos de extinción en el Cretácico superior y Terciario inferior con foraminíferos. *Geotemas*. (este mismo volumen).